

日 本 国 特 許 庁

PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年 7月12日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-210988

出 願 人

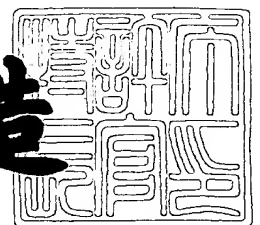
Applicant(s):

ミノルタ株式会社

2000年10月20日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2000-3087505

【書類名】 特許願

【整理番号】 TL03567

【提出日】 平成12年 7月12日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G02B 6/00

【発明の名称】 光機能素子及び光集積化素子

【請求項の数】 6

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府中央区安土町二丁目3番13号 大阪国際ビル
ミノルタ株式会社内

 【氏名】 関根 孝二郎

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府中央区安土町二丁目3番13号 大阪国際ビル
ミノルタ株式会社内

 【氏名】 横山 光

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府中央区安土町二丁目3番13号 大阪国際ビル
ミノルタ株式会社内

 【氏名】 寺本 みゆき

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府中央区安土町二丁目3番13号 大阪国際ビル
ミノルタ株式会社内

 【氏名】 高田 球

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府中央区安土町二丁目3番13号 大阪国際ビル
ミノルタ株式会社内

 【氏名】 波多野 卓史

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府中央区安土町二丁目3番13号 大阪国際ビル

ミノルタ株式会社内

【氏名】 丸山 眞示

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府中央区安土町二丁目3番13号 大阪国際ビル
ミノルタ株式会社内

【氏名】 岩本 剛志

【特許出願人】

【識別番号】 000006079

【氏名又は名称】 ミノルタ株式会社

【代理人】

【識別番号】 100085501

【弁理士】

【氏名又は名称】 佐野 静夫

【選任した代理人】

【識別番号】 100111811

【弁理士】

【氏名又は名称】 山田 茂樹

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 特願2000- 17911

【出願日】 平成12年 1月24日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 024969

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9716119

【包括委任状番号】 0000030

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光機能素子及び光集積化素子

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 屈折率が周期的に変化する周期構造を成して多次元の多重回折現象による導波を生じる光機能素子において、外部からの制御信号に応じて前記周期構造が可変されることを特徴とする光機能素子。

【請求項 2】 前記周期構造を屈折率の異なる複数の媒質を配列して形成し、一の前記媒質が電気光学効果を有するとともに所定の偏波面の光束に対する該媒質の屈折率を外部からの電氣的制御に応じて可変することによって前記周期構造が可変されることを特徴とする請求項 1 に記載の光機能素子。

【請求項 3】 前記周期構造が媒質中を伝播する弾性波によって生じ、該弾性波の周期を外部からの電氣的制御に応じて可変することによって前記周期構造が可変されることを特徴とする請求項 1 に記載の光機能素子。

【請求項 4】 請求項 1 ～請求項 3 のいずれかに記載の光機能素子と、前記光機能素子と光学的に接続された光導波路とを備え、前記光機能素子に入射する光あるいは前記光機能素子から射出された光の少なくとも一方が前記光導波路内を通過することを特徴とする光集積化素子。

【請求項 5】 請求項 1 ～請求項 3 のいずれかに記載の光機能素子と、前記光機能素子に電圧を印加する印加手段とを備えたことを特徴とする光集積化素子。

【請求項 6】 屈折率が周期的に変化する周期構造を成して多次元の多重回折現象による導波を生じる光機能素子と、前記光機能素子に入射する光束の波長を可変して射出する発光素子とを備えたことを特徴とする光集積化素子。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、屈折率が周期的に変化する周期構造を成し、光信号の分波や合波等を行うことのできる光機能素子及び光集積化素子に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

屈折率の異なる複数の媒質を有した周期構造を成す光機能素子は図1に示すような構造になっている。光機能素子1は媒質3中に円柱形の媒質2が2次元の所定周期で配列して構成されている。例えば、Si基板上に所定周期毎に空孔を形成することによって、媒質2、3が屈折率の異なる空気とSiから成る光機能素子1を形成することができる。

【0003】

このような光機能素子1は一般にフォトニック結晶と呼ばれ、媒質2、3の屈折率、円柱や角柱等の媒質2、3の形状、三角格子や正方格子等の格子種類或いは配列の周期を適切に選択することにより、所望の波長や偏光方向の光に対して異なる光学的特性を得ることができる。

【0004】

図2は光機能素子1を搭載した従来の光集積化素子10を示している。基板8上には光機能素子1が設置され、光機能素子1に入射する光と光機能素子1から射出される光を導く光導波路4、5、6が形成されている。そして、光導波路4の入力端子4aから波長 λ_1 、 λ_2 の光が入力されると、光導波路4を介して光機能素子1に入射する。光機能素子1からは波長に応じて異なった方向に光が出射され、光導波路5、6の出力端子5a、6aから夫々波長 λ_1 、 λ_2 の光が取り出される。

【0005】

これにより、異なる波長の光が多重された光信号を分波する分波器や、光の進行方向を逆にして複数の波長の光を合波する合波器として使用することができるようになっている。所定の波長の透過率を大きくし、その他の波長の光の透過率を小さくすることにより、特定の波長の光を透過させるフィルターとしても使用することもできる。また、光機能素子1に入射される光が偏光方向の異なるTE偏光とTM偏光を有する際に、偏光方向に応じて異なる方向への出射や遮光を行うことも可能である。

【0006】

また、従来のレーザービームプリンタや複写機は回転するポリゴンミラーを用いてポリゴンミラーの周面で反射する光を走査することにより、用紙幅方向の印字

を可能にしている。しかしながら、ポリゴンミラーは高精度が要求されるためコストが高く、また、回転速度の高速化に限界があり、印字速度の高速化を図ることができない問題があった。

【0007】

このため、回折格子を有する光導波路を用いた光機能素子により入射光の波長に応じて出射方向を可変して走査を行う光走査装置が、C.S.Tsai, IEEE Trans. Circuits and Systems, vol. CAS-26, no. 12, 1979 に開示されている。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記の従来の光機能素子1や光集積化素子10によると、媒質2、3の屈折率、形状、格子種類或いは配列の周期が所定の波長や偏光方向の光に応じて決められるため、使用される光の波長や偏光方向が異なると別途設計、製造を行う必要がありコストがかかる問題がある。また、従来の光機能素子1や光集積化素子10は分波や合波等には使用できるが、所定の時期に特定の光を通して、所定の時期に該光を遮るようなスイッチング素子としての機能は有していなかった。

【0009】

また、上記の従来の回折格子を有する光走査装置によると、回折格子による屈折率の分散が小さいため出射光の走査角が小さく、また、必要な光量を確保できないため、実用化が難しい問題があった。

【0010】

本発明は、コスト削減を図ることができるとともに、スイッチとして機能させることのできる光機能素子及び光集積化素子を提供することを目的とする。

【0011】

また、本発明は、低コストで高速に出射光を走査し、走査角を大きくすることのできる光機能素子及び光集積化素子を提供することを目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために請求項1に記載された発明の光機能素子は、屈折率

が周期的に変化する周期構造を成して多次元の多重回折現象による導波を生じる光機能素子において、外部からの制御信号に応じて前記周期構造が可変されることを特徴としている。

【0013】

この構成によると、光機能素子に電圧、熱、圧力、磁界、音波等の外部からの制御信号を加えたり可変すると、屈折率や周期等が変化して周期構造が可変される。これにより、光機能素子に入射する光の波長、偏光方向或いは入射方向に応じた光機能素子の反射率、透過率、屈折率等の光学的特性が変化する。そして、入射光の波長、偏光方向或いは入射方向に応じて出射光の進行方向や透過量が変化する。

【0014】

また、本発明は請求項1に記載の光機能素子において、前記周期構造を屈折率の異なる複数の媒質を配列して形成し、一の前記媒質が電気光学効果を有するとともに所定の偏波面の光束に対する該媒質の屈折率を外部からの電氣的制御に応じて可変することによって前記周期構造が可変されることを特徴としている。

【0015】

この構成によると、光機能素子は液晶等の電気光学効果を有する媒質を備え、該媒質に電圧を印加または可変すると、媒質の屈折率が変化して周期構造が可変される。これにより、光機能素子に入射する光の波長、偏光方向或いは入射方向に応じた光機能素子の反射率、透過率、屈折率等の光学的特性が変化する。そして、入射光の波長、偏光方向或いは入射方向に応じて出射光の進行方向や透過量が変化する。

【0016】

また、本発明は請求項1に記載の光機能素子において、前記周期構造が媒質中を伝播する弾性波によって生じ、該弾性波の周期を外部からの電氣的制御に応じて可変することによって前記周期構造が可変されることを特徴としている。

【0017】

この構成によると、媒質に電圧が印加されると媒質内に弾性波が伝播し、弾性波の伝播方向に周期的な屈折率分布が生じて周期構造が形成される。そして、電

圧の周波数を変えて弾性波の波長を可変することで屈折率の周期が変化して周期構造が可変される。

【0018】

また、本発明の光集積化素子は、請求項1～請求項3のいずれかに記載の光機能素子と、前記光機能素子と光学的に接続された光導波路とを備え、前記光機能素子に入射する光あるいは前記光機能素子から射出された光の少なくとも一方が前記光導波路内を通過することを特徴としている。

【0019】

また、本発明の光集積化素子は、請求項1～請求項3のいずれかに記載の光機能素子と、前記光機能素子に電圧を印加する印加手段とを備えたことを特徴としている。

【0020】

また、本発明の光集積化素子は、屈折率が周期的に変化する周期構造を成して多次元の多重回折現象による導波を生じる光機能素子と、前記光機能素子に入射する光束の波長を可変して射出する発光素子とを備えたことを特徴としている。この構成によると、光機能素子に入射する入射光の波長の変化に応じて出射光の出射方向が可変され、光の走査やスイッチングが行われる。

【0021】

【発明の実施の形態】

以下に本発明の実施形態を図面を参照して説明する。説明の便宜上、従来例の図2と同一の部分については同一の符号を付している。図3は第1実施形態の光集積化素子を示す平面図である。光集積化素子10は、Si等から成る基板8上に光機能素子1が設置されている。

【0022】

光機能素子1の両側には、光導波路4、5、6がアルミナ等を成膜、パターンニングして形成されている。光導波路4、5、6は、下部クラッド9a及び上部クラッド9b（不図示）により上下を覆われている。下部クラッド9a及び上部クラッド9bは光導波路4、5、6と屈折率の異なるアルミナやガラス等を成膜して形成される。このため、光導波路4、5、6は、入力端子4aから入力される

光や光機能素子 1 から射出される光を閉じこめて導波し、出力端子 5 a、6 a に効率良く導くようになっている。

【0023】

光機能素子 1 は、前述の図 1 に示すように、S i 等から成る媒質 3 中に液晶から成る媒質 20 が 2 次元の所定周期で配列されている。これにより、屈折率の異なる媒質を有して周期構造を成すフォトニック結晶が構成されている。媒質 20 は円柱状になっており、S i 基板上にドライエッチング等の方法により所定周期で空孔を形成し、該空孔内に液晶を充填することにより形成される。

【0024】

そして、光導波路 4 の入力端子 4 a から偏光方向の異なる T E 偏光と T M 偏光が入力されると、光導波路 4 を介して光機能素子 1 に入射する。光機能素子 1 は T E 偏光を所定方向に透過し、T M 偏光を透過させないような光学的特性を有するように形成されている。

【0025】

従って、T E 偏光は光導波路 5 を通って出力端子 5 a から取り出され、T M 偏光は遮光される。光集積化素子 10 の断面図を図 5 に示すと、光機能素子 1 は上下面に電極 13、14 が固着されて一体となった、光集積化素子 15 を構成している。図 6 に示すように、電極 13、14 には電源 16 が接続されている。

【0026】

液晶から成る媒質 20 は、電圧が印加されると電気光学効果により屈折率が変化して周期構造が可変される。このため、電源 16 により電極 13、14 間に電圧が印加されると、光機能素子 1 は光学的特性が変化し、T M 偏光を透過させることができるようになる。

【0027】

従って、図 4 に示すように、T E 偏光と T M 偏光が入力端子 4 a から入力されると、光導波路 4 を介して光機能素子 1 に入射して分離される。そして、T E 偏光が光導波路 5 を通って出力端子 5 a から取り出され、T M 偏光が光導波路 6 を通って出力端子 6 a から取り出される。

【0028】

これにより、光集積化素子10はTE偏光とTM偏光とを分離する分波器として使用することができるとともに、TE偏光を透過してTM偏光を遮るフィルターとして使用することができる。また、電極13、14間に電圧を印加していない際にTM偏光を遮って、電圧を印加することによりTM偏光を透過して取り出すスイッチング素子として使用することができる。更に、電極13、14間に印加される電圧を可変してTE偏光或いはTM偏光の進行方向を変えて、別途設けられた光導波路から取り出すことも可能である。

【0029】

本実施形態は、媒質20として液晶を用いて、電気光学効果により入射光の偏光方向に対する光機能素子1の光学的特性を可変している。これに対して、電気光学効果を有する材料を用いて媒質20の屈折率を変えて周期構造を可変し、入射光の波長に対する光機能素子1の光学的特性を可変することもできる。

【0030】

即ち、前述の図3に示すように、電極13、14間に電圧が印加されていない際に光導波路4の入力端子4aから波長 λ_1 、 λ_2 の光が多重されて入力端子4aから入力されると、光導波路4を介して光機能素子1に入射する。光機能素子1は波長 λ_1 の光を所定方向に透過し、波長 λ_2 の光を透過させる（図中、かっこ内に示す）。

【0031】

電極13、14間に電圧を印加すると、前述の図4に示すように、入力端子4aから入力される波長 λ_1 、 λ_2 の光は、光導波路4を介して光機能素子1に入射して分離され、波長 λ_1 の光が光導波路5を通過して出力端子5aから取り出され、波長 λ_2 の光が光導波路6を通過して出力端子6aから取り出される（図中、かっこ内に示す）。

【0032】

これにより、光集積化素子10は波長の異なる光を分離する分波器として使用することができるとともに、波長 λ_1 の光を透過して波長 λ_2 の光を遮るフィルターとして使用することができる。また、所定の時期に電圧を印加することによって波長 λ_2 の光を取り出すことのできるスイッチング素子として使用すること

ができる。印加電圧の大きさを可変して光機能素子1の光学的特性を可変してもよい。

【0033】

尚、電気光学効果を有する材料として、液晶の他に LiNbO_3 、PLZT等が挙げられる。これらを媒質20として用いることにより、媒質20の屈折率が変化して周期構造が可変され、偏光方向や波長によって異なる光学的特性を有する光機能素子を得ることができる。

【0034】

ここで、液晶は分子の形状が細長いため、異方性を著しく助長するように屈折率の変化が起こる特性を有している。このため、本実施形態のように媒質20として液晶を用いると、TE偏光とTM偏光に対する光機能素子1の光学的特性を著しく変化させることができ、容易に一方の光の遮断と透過を切り換えることができるのでより望ましい。

【0035】

次に、図7は、第2実施形態の光集積化素子の光機能素子を示す図である。本実施形態の光集積化素子10は、前述の図3～図5の第1実施形態と同様の構成から成っており、光機能素子1の媒質3中に2次元の所定周期で配列される媒質21は、熱により屈折率を変化させる熱光学効果を有するガラス等の材料から成っている。また、第1実施形態で設けられた電極13、14（図5参照）を設けず、光機能素子1の近傍にはコイル30が配されている。

【0036】

このような構成によると、コイル30に通電することにより矢印Bのように輻射熱が光機能素子1に照射され、媒質21の屈折率が変化して周期構造が可変される。これにより、第1実施形態と同様に、コイル30の通電と電力遮断によって光機能素子1の光学的特性を可変することができる。

【0037】

前述の図3、図4に示すように、コイル30に通電されていない際に光導波路4の入力端子4aから異なる波長や偏光方向の複数の光が入力端子4aから入力されると、光導波路4を介して光機能素子1に入射する。光機能素子1は一の波

長や偏光方向の光を所定方向に透過し、他の波長や偏光方向の光を透過させる。

【0038】

コイル30に通電すると、入力端子4aから入力される異なる波長や偏光方向の光は、光導波路4を介して光機能素子1に入射して分離され、一の波長や偏光方向の光が光導波路5を通過して出力端子5aから取り出され、他の波長や偏光方向の光が光導波路6を通過して出力端子6aから取り出される。

【0039】

これにより、光集積化素子10は波長や偏光方向の異なる光を分離する分波器として使用することができるとともに、特定の波長や偏光方向の光を遮るフィルターとして使用することができる。また、所定の時期にコイル30に通電することによって、特定の波長や偏光方向の光を取り出すことのできるスイッチング素子として使用することができる。

【0040】

尚、コイル30から発生する磁界によって、屈折率が変化するYIG ($\text{Y}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$) 等の磁気光学効果を有する材料を媒質21として用いても、同様の効果を得ることができる。

【0041】

次に、図8は、第3実施形態の光集積化素子の光機能素子を示す図である。本実施形態の光集積化素子10は、図3～図5の第1実施形態と同様の構成から成っており、光機能素子1の媒質3中に2次元の所定周期で配列される媒質22は、音波により屈折率を変化させる音響光学効果を有するガラスやGaP等の材料から成っている。また、第1実施形態で設けられた電極13、14（図5参照）を有さない構成である。

【0042】

光機能素子1の一端面には音波発生装置31が固着されて一体となり、光集積化素子17が構成されている。音波発生装置31を駆動することにより光機能素子1内に音波が発生し、媒質22の屈折率が変化して周期構造が可変される。これにより、第1、第2実施形態と同様に、音波発生装置31の駆動と駆動停止によって光機能素子1の光学的特性を可変することができる。

【0043】

前述の図3、図4に示すように、音波発生装置31が駆動停止されている際に光導波路4の入力端子4aから異なる波長や偏光方向の光が多重されて入力端子4aから入力されると、光導波路4を介して光機能素子1に入射する。光機能素子1は一の波長や偏光方向の光を所定方向に透過し、他の波長や偏光方向の光を透過させる。

【0044】

音波発生装置31を駆動すると、入力端子4aから入力される異なる波長や偏光方向の光は、光導波路4を介して光機能素子1に入射して分離され、一の波長や偏光方向の光が光導波路5を通して出力端子5aから取り出され、他の波長や偏光方向の光が光導波路6を通して出力端子6aから取り出される。

【0045】

これにより、光集積化素子10は波長や偏光方向の異なる光を分離する分波器として使用することができるとともに、特定の波長や偏光方向の光を遮るフィルターとして使用することができる。また、所定の時期に音波発生装置31を駆動することによって特定の波長や偏光方向の光を取り出すことのできるスイッチング素子として使用することができる。

【0046】

尚、音波発生装置31から発生する音波の音圧によって、屈折率が変化する B e T i O_3 等の材料を媒質22として用いても、同様の効果を得ることができる。

【0047】

第1～第3実施形態において、光機能素子1が柱状の媒質が2次元の周期で配列された2次元周期構造体である場合について説明したが、これに限られず、球状等の媒質が3次元に周期的に配列された3次元周期構造体であってもよい。

【0048】

次に、図9は第4実施形態の光集積化素子を示す平面図である。光集積化素子51は基板（不図示）上に光導波路34が形成され、光導波路34の表面に櫛形電極37、38が形成されている。櫛形電極37、38は電圧の印加によって光

導波路 34 内に表面弾性波 37a、38a を発生させるようになっている。

【0049】

図 10 はこの光集積化素子 51 の製造工程を示す図である。まず、図 10 (a) に示すように、Si から成る基板 33 を熱酸化して基板 33 の表面に SiO_2 膜から成る下部クラッド層 36 を厚み $0.8 \mu\text{m}$ で形成する。更に ZnO 等をスパッタリングしてコア層 42 を厚み $0.8 \mu\text{m}$ で形成する。

【0050】

次に、図 10 (b) に示すように、コア層 42 上にレジスト 43 をスピンコートにより塗布し、図 10 (c) に示すように、レジスト 43 を電子線描画法でパターンニングする。次に、図 10 (d) に示すように、Al 等の電極材料 45 をスパッタリング等により厚み $0.1 \mu\text{m}$ で成膜する。そして、レジスト 43 を剥離することによって、図 10 (e) に示すように、コア層 42 に接して櫛形電極 37、38 を有する光集積化素子 51 を得ることができる。

【0051】

電極材料 45 は厚みが薄いため、コア層 42 の上に電極材料 45 を成膜した後、レジスト 43 を塗布してパターンニングしてもよい。そして、RIE 等によって電極材料 45 をエッチングして、図 10 (e) に示す光集積化素子 51 を得ることができる。

【0052】

この光集積化素子 51 の厚み方向の屈折率 n の分布を図 11 に示す。図 11 (a) は図 10 (e) に対して櫛形電極 7、8 を省いた図を示している。図 11 (b)、(c) の横軸は屈折率 n を示し、縦軸は光集積化素子 51 の厚み方向を示している（縦軸は図 11 (a) の上下方向に対応している。）。尚、以下の図 12～図 14 においても同様である。

【0053】

図 11 (b) に示すように、光導波路 34 のコア層 42 は、屈折率 n の小さい空気層 (Air) と下部クラッド層 6 とにより挟まれるため入射した光が閉じこめられて導波するようになっている。図 11 (b) によると、Si から成る基板 33 の屈折率 n は大きい、図 11 (c) に示すように、屈折率 n の低い他の材

料から成る基板を用いてもよい。

【0054】

図12(a)、(b)に示すようにコア層42の上部には、上部クラッド層35を設けてもよい。上部クラッド層35は、例えば石英基板を貼り付けたり、 SiO_2 等を成膜することにより形成することができる。このようにすると、コア層42と空気層との間では屈折率の差が大きいために散乱による損失が生じるが、コア層42と上部クラッド層35との屈折率の差が小さくなり、損失を低減することができる。

【0055】

また、基板33として石英ガラス等のコア層42よりも屈折率の小さい材料を用いた場合は、図13(a)、(b)に示すように、下部クラッド層36を省いてもよい。この場合においても上記と同様に、図14(a)、(b)に示すように上部クラッド層35を形成してもよい。

【0056】

前述の図10(e)によると、光導波路34の上面に櫛形電極7、8を形成しているが、櫛形電極7、8は光導波路34のコア層42に接して表面弾性波37a、38aを発生させることができればよい。このため、図15(a)に示すように、コア層42の下層に櫛形電極37、38を形成してもよい。また、下部クラッド層36を形成しない場合は、櫛形電極37、38が形成された光集積化素子51の断面形状は図15(b)或いは図15(c)に示すようになる。

【0057】

前述したように、図9において、光導波路34のコア層42は ZnO 等の圧電材料から成っているので、櫛形電極37、38に電圧を印加することによって光導波路34内には表面弾性波37a、38aが効率良く伝播される。その結果、光導波路34内には表面弾性波の伝播方向に周期的な屈折率の分布が形成される。

【0058】

屈折率の分布の周期は表面弾性波37a、38aの波長に一致し、屈折率の大きい部分と小さい部分とが一体にそれぞれの伝播方向に移動する。そして、表面

弾性波 37a、38a は伝播方向が異なるため、表面弾性波 37a、38a の進路が交差する屈折率周期部 40 には基板 33 に平行な面内において 2 次元の周期で屈折率が分布する。

【0059】

従って、2 次元のフォトニック構造が得られる。光導波路 34 にレーザーやプリズムを取付けることにより、光導波路 34 内に取り入れられて屈折率周期部 40 に入射する入射光 L0 は、波長に応じて例えば L1、L2、L3 の方向に出射する。

【0060】

また、櫛形電極 37、38 に印加する電圧の周波数を変えると表面弾性波 37a、38a の波長が変わり屈折率周期部 40 の周期構造が可変される。この時、入射光 L0 が単一の波長であっても、表面弾性波 37a、38a の波長の変化に応じて出射方向が例えば L1、L2、L3 の方向に変化する。

【0061】

これにより、櫛形電極 37、38 に印加する電圧の周波数を連続的に可変すると、表面弾性波 37a、38a の波長も連続的に変わり、屈折率周期部 40 から出射する光を走査させることが可能となる。この時、フォトニック構造による屈折は分散が大きいため走査角を大きく採ることができる。その結果、本実施形態の光集積化素子 51 を用いることによって、高速に走査が可能な光走査装置を安価に得ることができる。

【0062】

また、本実施形態の光集積化素子 51 によると、表面弾性波 37a、38a の波長を可変することによって周期構造が可変され、異なる波長や偏光方向の入射光を同一方向に出射させることや、同一の波長や偏光方向の入射光を異なる方向に出射させることができる。

【0063】

これにより、異なる波長、偏光方向または出射方向の光を用いる光学装置に対して同一の光機能素子を用いることができる。従って、異なる媒質や、異なる媒質の周期等から成る複数の光機能素子を製造する必要がなく光機能素子のコスト

ダウンを図ることができる。

【0064】

次に、図16は第5実施形態の光集積化素子51を示す平面図である。本実施形態において、前述の図9～図15に示す第1実施形態と同一の部分には同一の符号を付している。本実施形態は第1実施形態と同一の楕形電極37を有しており、光導波路34は屈折率の異なる媒質34a、34bが一方向に周期的に配されている。その他の部分は第1実施形態と同様である。

【0065】

図17は本実施形態の光集積化素子51を形成する製造工程を示す図である。まず、図17(a)に示すように、LNから成る基板33上にTi等の拡散材料をスパッタ等により成膜して熱拡散することにより拡散層47を形成する。次に、図17(b)に示すように、拡散層47上にレジスト43をスピコートにより塗布し、図17(c)に示すように、レジスト43を電子線描画法で所定の周期を形成するようにパターニングする。

【0066】

次に、図17(d)に示すように、拡散材料44をスパッタリング等により成膜し、図17(e)に示すように、レジスト43を剥離すると、Tiから成る拡散材料44のパターンが形成される。そして、更に拡散材料44を熱拡散することによって、Tiが拡散された媒質34bと拡散されない媒質34aとから成るコア層42が形成される。

【0067】

その後、第1実施形態と同様の方法によって楕形電極37を形成することによって光集積化素子51を得ることができる。この時、前述したように、下部クラッド層や上部クラッド層を設けてもよく、楕形電極37はコア層42の下層に設けてもよい。

【0068】

前述の図16において、楕形電極37に電圧を印加することによって光導波路34内には表面弾性波37aが伝播される。その結果、光導波路34内には表面弾性波37aの波長と一致する周期の屈折率分布が表面弾性波37aの伝播方向

に形成される。そして、光導波路 34 は表面弾性波 37 a の伝播方向と直交する方向に周期的に媒質 34 a、34 b が配されているので、表面弾性波 37 a の進路上には基板 33 に平行な面内において 2 次元の周期で屈折率が分布する屈折率周期部 40 が形成される。

【0069】

従って、2 次元のフォトニック構造が得られ、第 1 実施形態と同様に、櫛形電極 37 に印加する電圧の周波数を連続的に可変すると、表面弾性波 37 a の波長も連続的に変わって周期構造が可変され、屈折率周期部 40 から出射する光を走査させることが可能となる。この時、フォトニック構造による屈折は分散が大きいため走査角を大きく採ることができる。その結果、本実施形態の光集積化素子 51 を用いることによって、高速に走査が可能な光走査装置を安価に得ることができる。

【0070】

また、表面弾性波 37 a の波長を可変することによって、異なる波長や偏光方向の入射光を同一方向に出射させることや、同一の波長や偏光方向の入射光を異なる方向に出射させることができる。これにより、異なる波長、偏光方向または出射方向の光を用いる光学装置に対して同一の光機能素子を用いることができる。従って、異なる媒質や、異なる媒質の周期から成る複数の光機能素子を製造する必要がなく光機能素子のコストダウンを図ることができる。

【0071】

また、表面弾性波 37 a は屈折率の異なる媒質 34 a、34 b 内を伝播するため、媒質 34 a を伝播する速度と媒質 34 b を伝播する速度とが異なり、それぞれの波長が異なる。一方の波長を他方の整数倍になるように媒質 34 a、34 b を選択すると一定の周期の周期構造が得られる。そして、一方の波長が他方の整数倍にならない場合は、表面弾性波 37 a の伝播方向の屈折率の分布の周期が媒質 34 a、34 b 内で異なったより複雑なフォトニック構造を得ることができる。

【0072】

次に図 18 は第 6 実施形態の光集積化素子を示す斜視図である。説明の便宜上

、前述の図9～図17に示す第4、第5実施形態と同一の部分には同一の符号を付している。光集積化素子52は光機能素子39に発光素子50を取付けて構成されている。光機能素子39の光導波路34には、孔部34cが2次元の周期で配列された屈折率周期部40が形成されている。発光素子50から射出される光は、光導波路34を通過して屈折率周期部40に導かれるようになっている。

【0073】

図19は本実施形態の光機能素子39の製造工程を示す図である。まず、図19(a)に示すように、石英ガラスから成る基板33の表面に基板33よりも屈折率の大きい SiO_2 から成るコア層42をCVD等により厚み $1\mu\text{m}$ で形成する。図19(b)に示すように、コア層42上にSi等のマスク材料46をスパッタにより厚み $0.8\mu\text{m}$ で成膜する。次に、図19(c)に示すように、マスク材料46上にレジスト43をスピンコートにより塗布する。

【0074】

次に、図19(d)に示すように、レジスト43を電子線描画法で周期的な形状にパターニングし、図19(e)に示すようにRIE等によりマスク材料46をエッチングする。そして、レジスト43を除去し、図19(f)に示すようにマスク材料46をマスクとしてRIE等によりコア層42をエッチングして孔部34cを形成する。その後、マスク材料46をウェットエッチング等により除去して図18に示す光導波路34を有する光機能素子31を得ることができる。

【0075】

コア層42として SiO_2 を使用しているが、 ZnO 、 LiNbO_3 或いは LiTaO_3 等の圧電材料を用いてもよい。また、コア層42の上面に石英基板等を貼り付けて上部クラッド層を形成してもよい。

【0076】

屈折率周期部40は孔部34c内の空気と、コア層42の媒質（ここでは SiO_2 ）とが2次元の周期で配される。これにより、屈折率の異なる複数の媒質が周期的に配されるフォトニック結晶が形成される。

【0077】

図18において、発光素子50を発光させると光導波路34内を光が導波して

屈折率周期部40に入射する。屈折率周期部40はフォトニック結晶から成るため、例えば、該光は波長 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 に応じて異なる方向に屈折し、光導波路34から出射される。

【0078】

この時、発光素子50は光束の波長を所定の周期で連続的に可変して射出している。このため、光導波路34から出射される光は所定の周期で連続的に出射方向が可変して走査される。フォトニック結晶による光の屈折は波長による分散が大きいため、発光素子50から射出される光の波長を $\pm 5 \text{ nm}$ 程度可変すれば光走査を行う光集積化素子52として十分な走査角を確保することができる。その結果、高速に走査が可能な小型の光走査装置を安価に得ることができる。

【0079】

また、発光素子50は射出光の波長を所定の時期に可変することにより、光集積化素子52から所望の方向に光束を出射することができ、光集積化素子52をスイッチング素子としても使用することができる。

【0080】

尚、孔部34cは図20に示すように形成されている。孔部34cは正方格子に配されており、孔部34cの断面形状は一辺の長さがWの正方形になっている。孔部34cが周期的に配列される単位領域R内のコア層42の領域R1と孔部34cの領域R2の面積比を $f : 1 - f$ とし、それぞれの屈折率を n_1 、 n_2 とすると、屈折率周期部40の有効な屈折率 n_0 は、

$$n_0 = n_1 f + n_2 (1 - f)$$

となる。

【0081】

この時、入射光の波長に応じて大きな屈折率の分散を得るためには、中心波長を λ 、孔部4cのピッチをPとすると、

$$P = m \lambda / (2 \cdot n_0)$$

を満足すればよい。ここで、 m は自然数である。

【0082】

例えば、コア層42の材質を SiO_2 （屈折率 $n_1 = 1.467$ ）、使用する光の波長 $\lambda = 780 \text{ nm}$ 、空気の屈折率 $n_2 = 1$ とすると、

ピッチ P : 600 nm

孔部の一辺の長さ W : 481 nm

孔部の間隔 $S (= P - W)$: 119 nm

とすればよい。

【0083】

また、光の進行方向には孔部34cを10周期分（ $6 \mu\text{m}$ ）程度形成すれば十分な効果を得ることができる。光の進行方向と垂直な方向には、屈折率分散を考慮して約 1 mm 程度に渡って孔部34cを形成すればよい。

【0084】

【発明の効果】

本発明によると、外部からの制御により周期構造が可変されるため、入射光の透過と反射との切り替えを行うことや屈折方向を変化させることができる。これにより、波長や偏光方向の異なる光を分離する分波器として使用することができる。するとともに、特定の波長や偏光方向の光を遮るフィルターとして使用することができる等、同一の光機能素子や光集積化素子により複数の機能を持たせることができコスト削減を図ることができる。また、外部からの制御によって、所定の時期に特定の波長や偏光方向の光を取り出すことのできるスイッチング素子として使用することができる。

【0085】

また本発明によると、光機能素子の媒質として電気光学効果を有する材料を用いることにより、外部から媒質に印加する電圧を可変することによって簡単に周期構造を可変し、光の透過、反射や屈折方向を容易に可変することができる。特に、分子の形状が細長い液晶を用いることにより、屈折率の変化が異方性を著しく助長するように起こる。このため、TE偏光とTM偏光に対する光学的特性を著しく変化させることができる。

【0086】

また本発明によると、屈折率が周期的に変化する周期構造を、媒質中を伝播す

る弾性波により生じさせて弾性波の周期を電氣的制御により可変することにより簡単に周期構造を可変することができる。これにより、異なる波長、偏光方向または出射方向の光を用いる光学装置に対して同一の光機能素子を用いることができる。従って、異なる媒質や、異なる媒質の周期から成る複数の光機能素子を製造する必要がなく光機能素子のコストダウンを図ることができる。

【0087】

また本発明によると、屈折率が周期的に変化する周期構造を有する光機能素子に入射する光の波長を可変することによって、光機能素子から出射される光を所定の方向に大きな角度で走査させることが可能となる。その結果、高速に走査が可能な走査装置を安価に得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 光機能素子の構造を示す斜視図である。

【図2】 従来の光集積化素子を示す平面図である。

【図3】 本発明の第1実施形態の光集積化素子を示す平面図である。

【図4】 本発明の第1実施形態の光集積化素子の光機能素子に電圧が印加された状態を示す平面図である。

【図5】 本発明の第1実施形態の光集積化素子を示す断面図である。

【図6】 本発明の第1実施形態の光集積化素子の光機能素子を示す断面図である。

【図7】 本発明の第2実施形態の光集積化素子の光機能素子を示す断面図である。

【図8】 本発明の第3実施形態の光集積化素子の光機能素子を示す断面図である。

【図9】 本発明の第4実施形態の光集積化素子を示す平面図である。

【図10】 本発明の第4実施形態の光集積化素子の製造工程を示す図である。

【図11】 本発明の第4実施形態の光集積化素子の屈折率を示す図である。

【図12】 本発明の第4実施形態の他の光集積化素子の屈折率を示す図である。

【図 1 3】 本発明の第 4 実施形態の更に他の光集積化素子の屈折率を示す図である。

【図 1 4】 本発明の第 4 実施形態の更に他の光集積化素子の屈折率を示す図である。

【図 1 5】 本発明の第 4 実施形態の光集積化素子の他の構成を示す図である。

【図 1 6】 本発明の第 5 実施形態の光集積化素子を示す平面図である。

【図 1 7】 本発明の第 5 実施形態の光集積化素子の製造工程を示す図である。

【図 1 8】 本発明の第 6 実施形態の光集積化素子を示す平面図である。

【図 1 9】 本発明の第 6 実施形態の光集積化素子の光機能素子の製造工程を示す図である。

【図 2 0】 本発明の第 6 実施形態の光集積化素子の屈折率周期部を示す詳細図である。

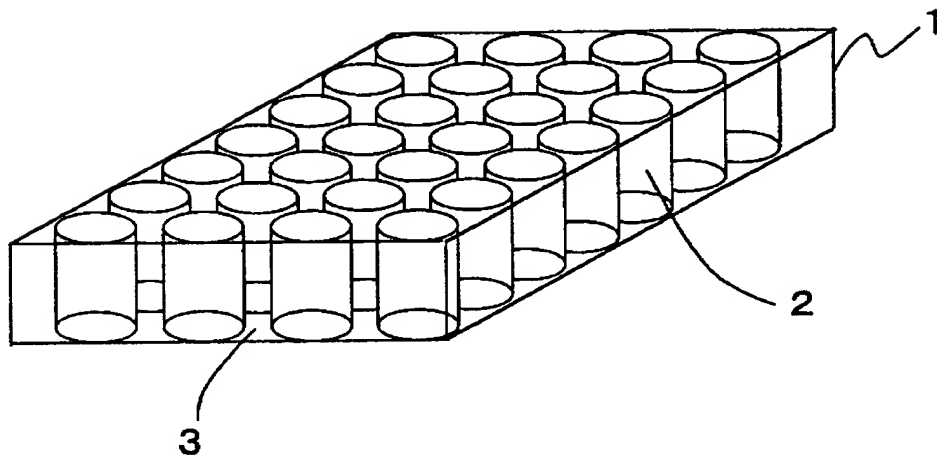
【符号の説明】

- 1、3 9 光機能素子
- 2、3、2 0、2 1、2 2 媒質
- 4、5、6 光導波路
- 8 基板
- 1 0、5 1、5 2 光集積化素子
- 9 a 下部クラッド
- 9 b 上部クラッド
- 3 0 コイル
- 3 2 音波発生装置
- 3 3 基板
- 3 4 光導波路
- 3 4 a、3 4 b 媒質
- 3 4 c 孔部
- 3 5 上部クラッド層

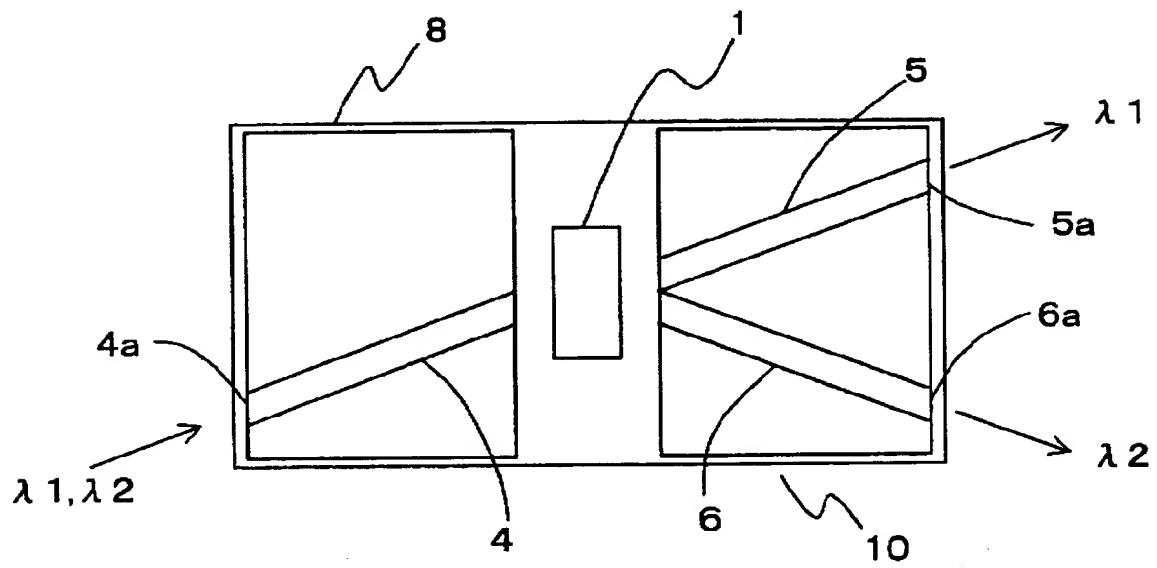
- 3 6 下部クラッド層
- 3 7、3 8 櫛形電極
- 3 7 a、3 8 a 表面弾性波
- 4 0 屈折率周期部
- 4 2 コア層
- 4 3 レジスト
- 4 4 拡散材料
- 4 5 電極材料
- 4 6 マスク材料
- 4 7 拡散層
- 5 0 発光素子

【書類名】 図面

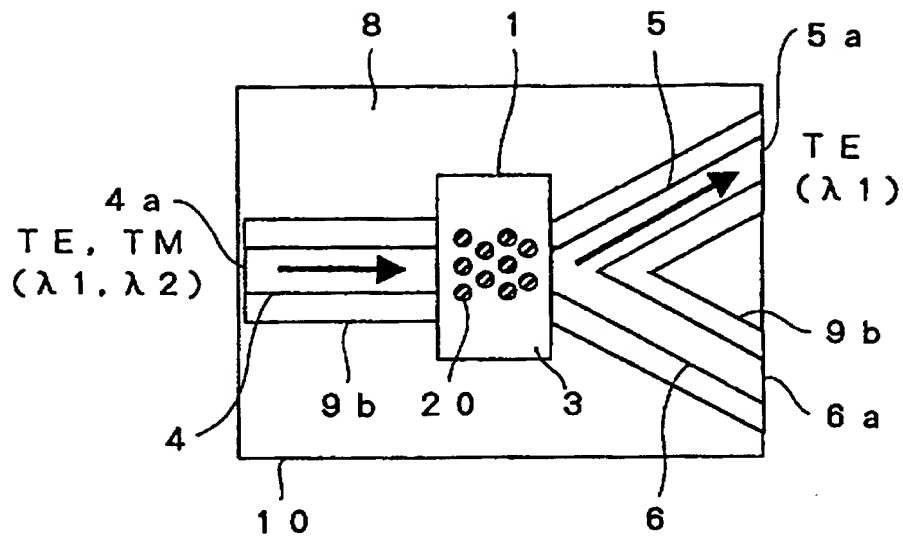
【図 1】



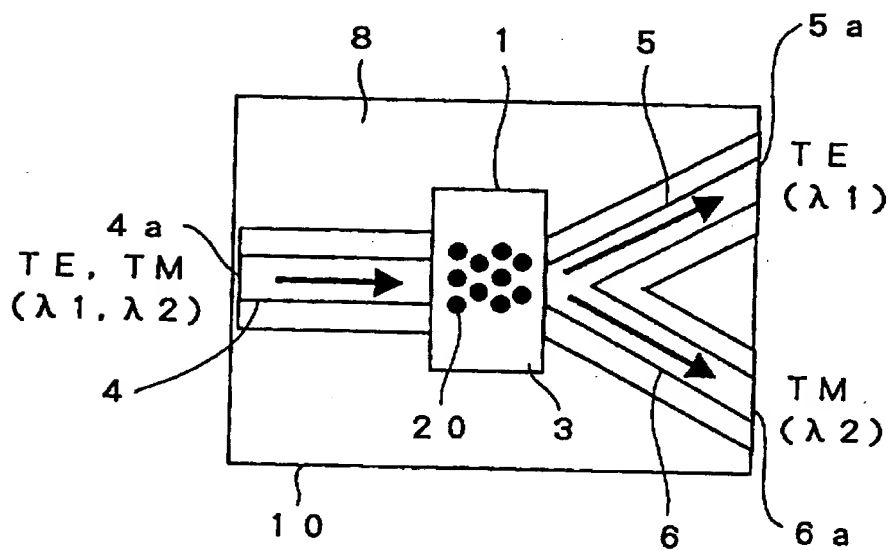
【図 2】



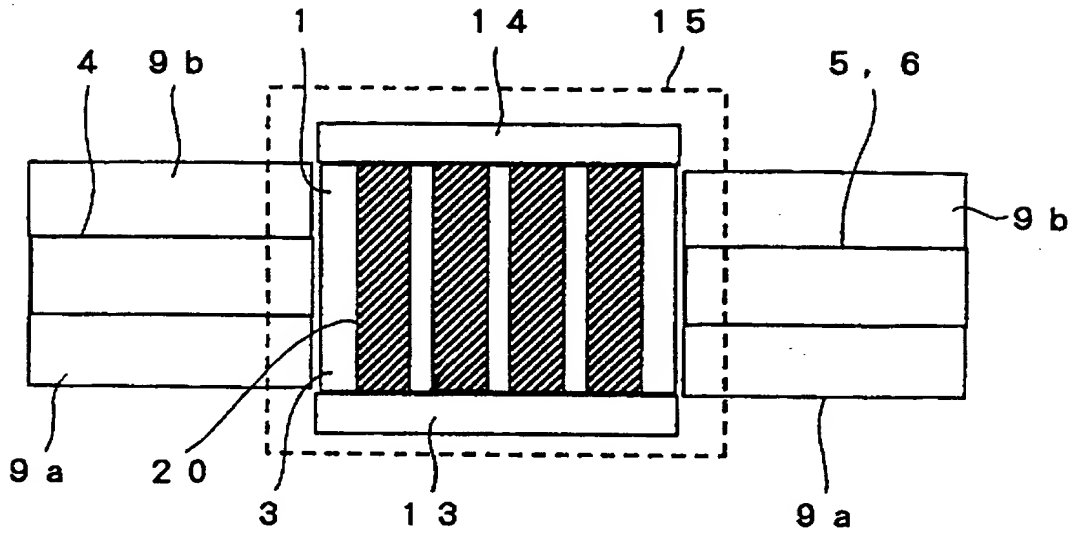
【図3】



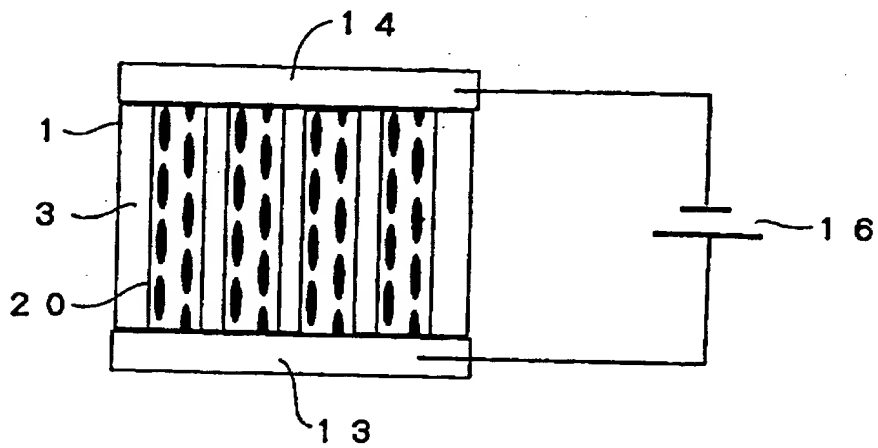
【図4】



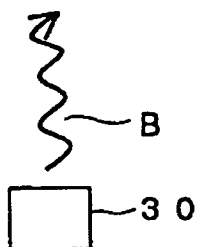
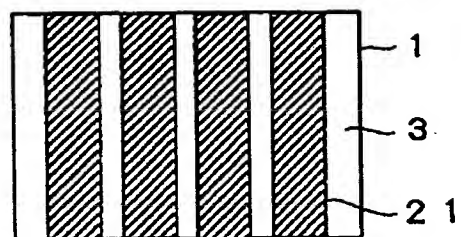
【図 5】



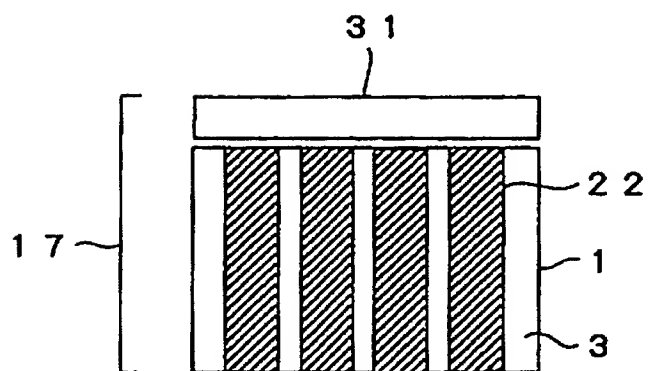
【図 6】



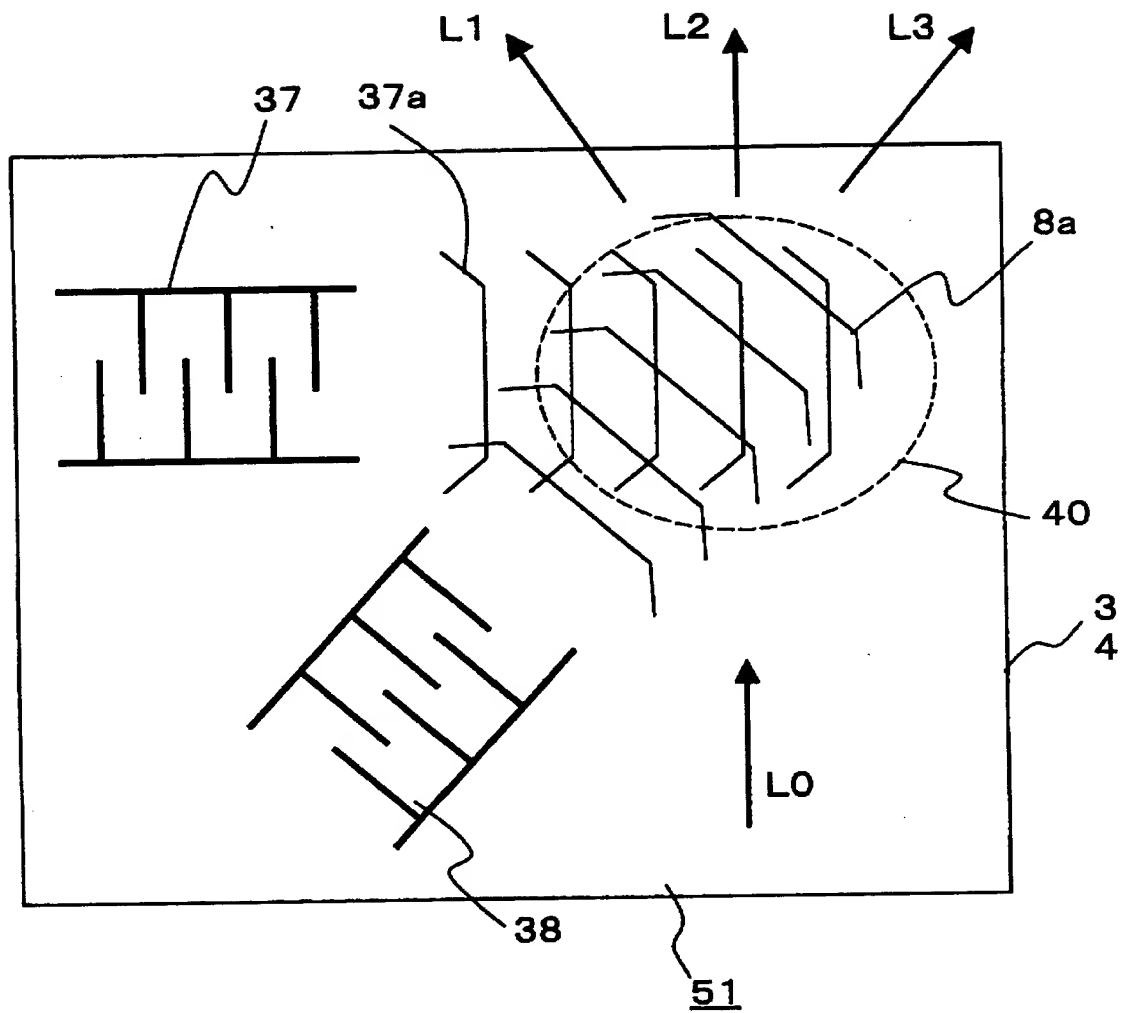
【図 7】



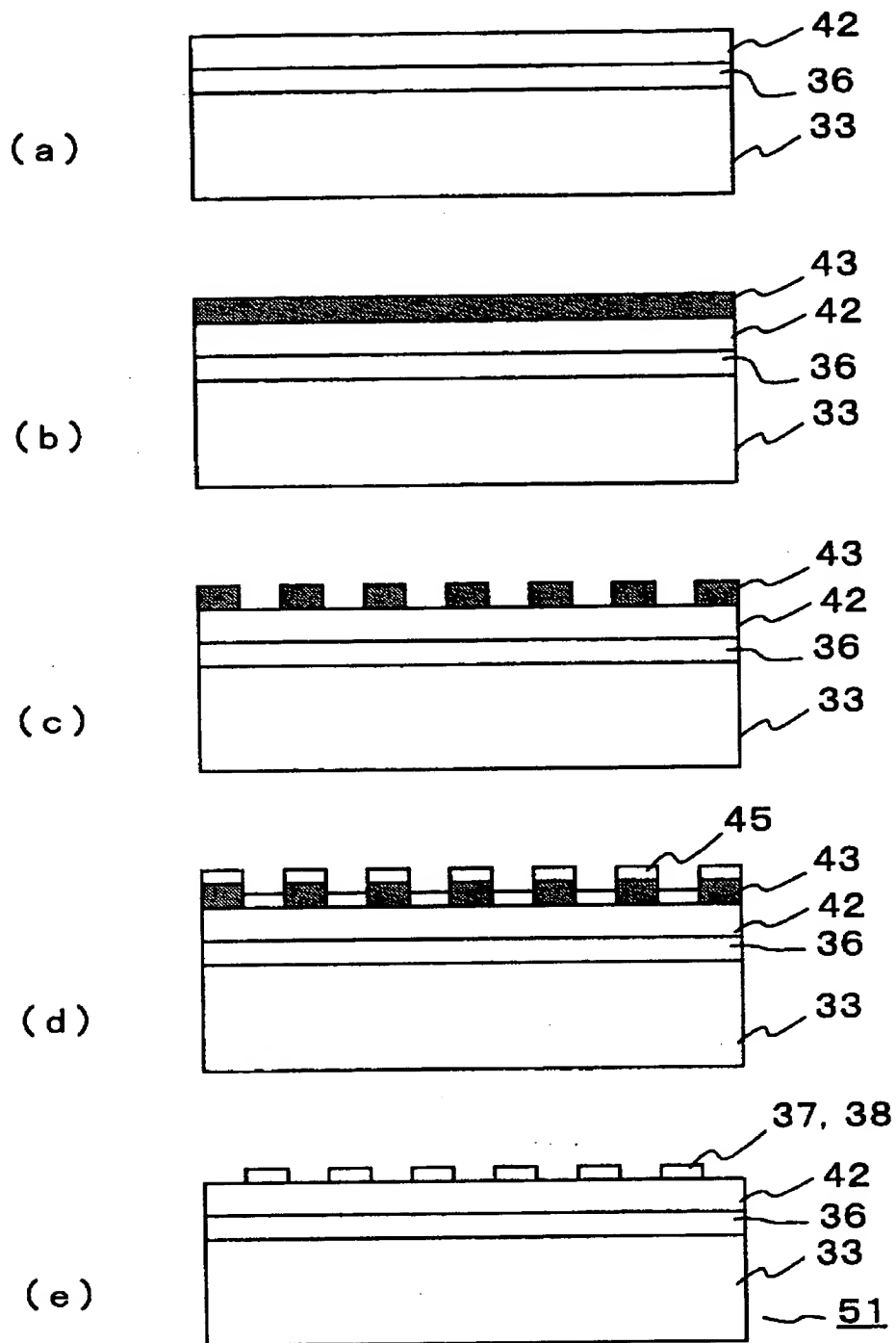
【図 8】



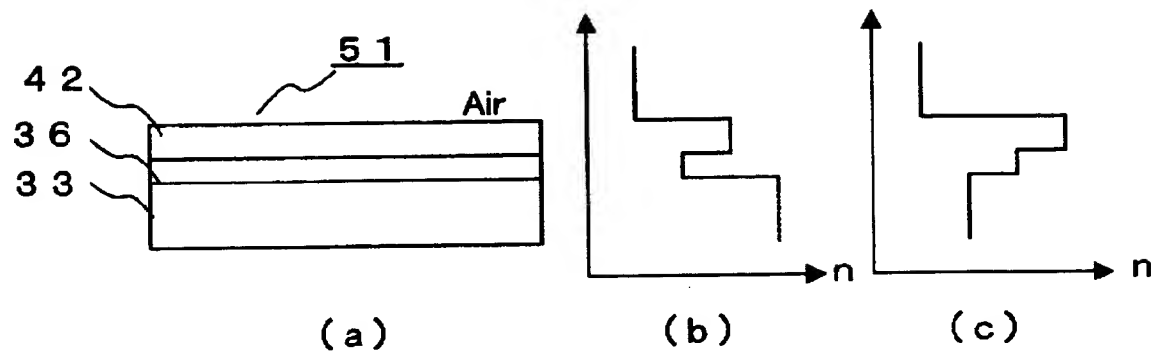
【図 9】



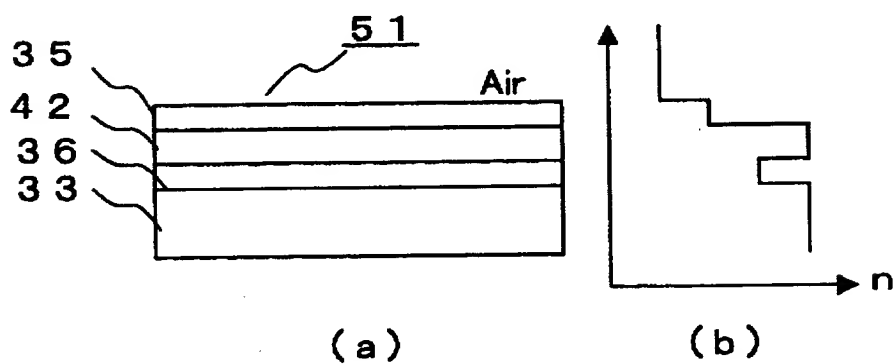
【図10】



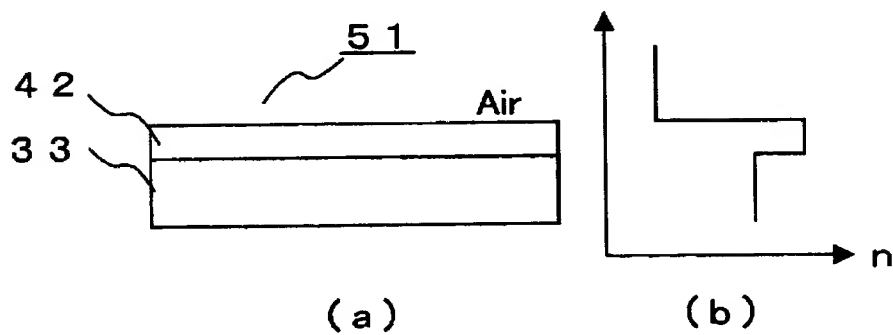
【図 1 1】



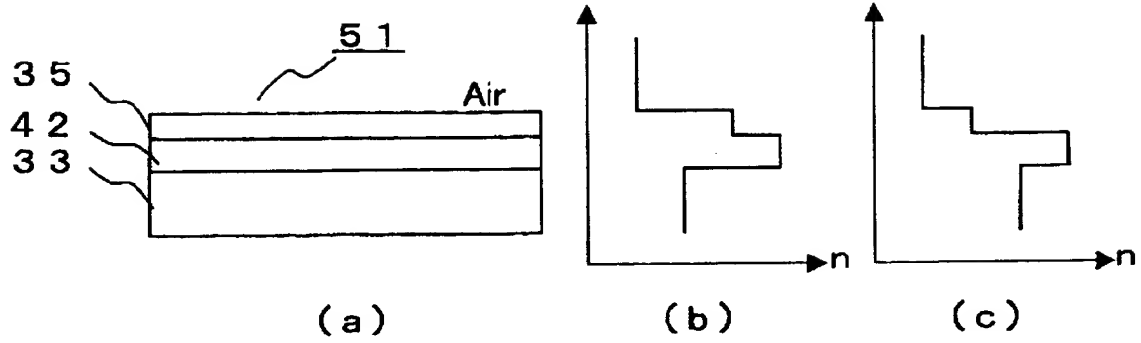
【図 1 2】



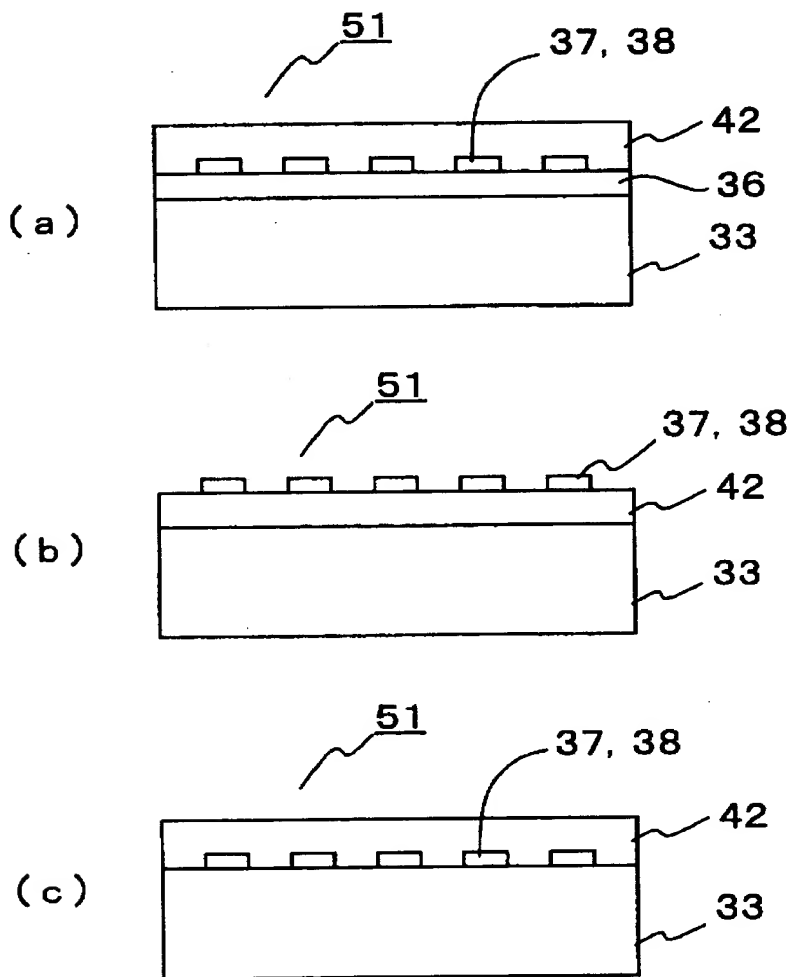
【図 1 3】



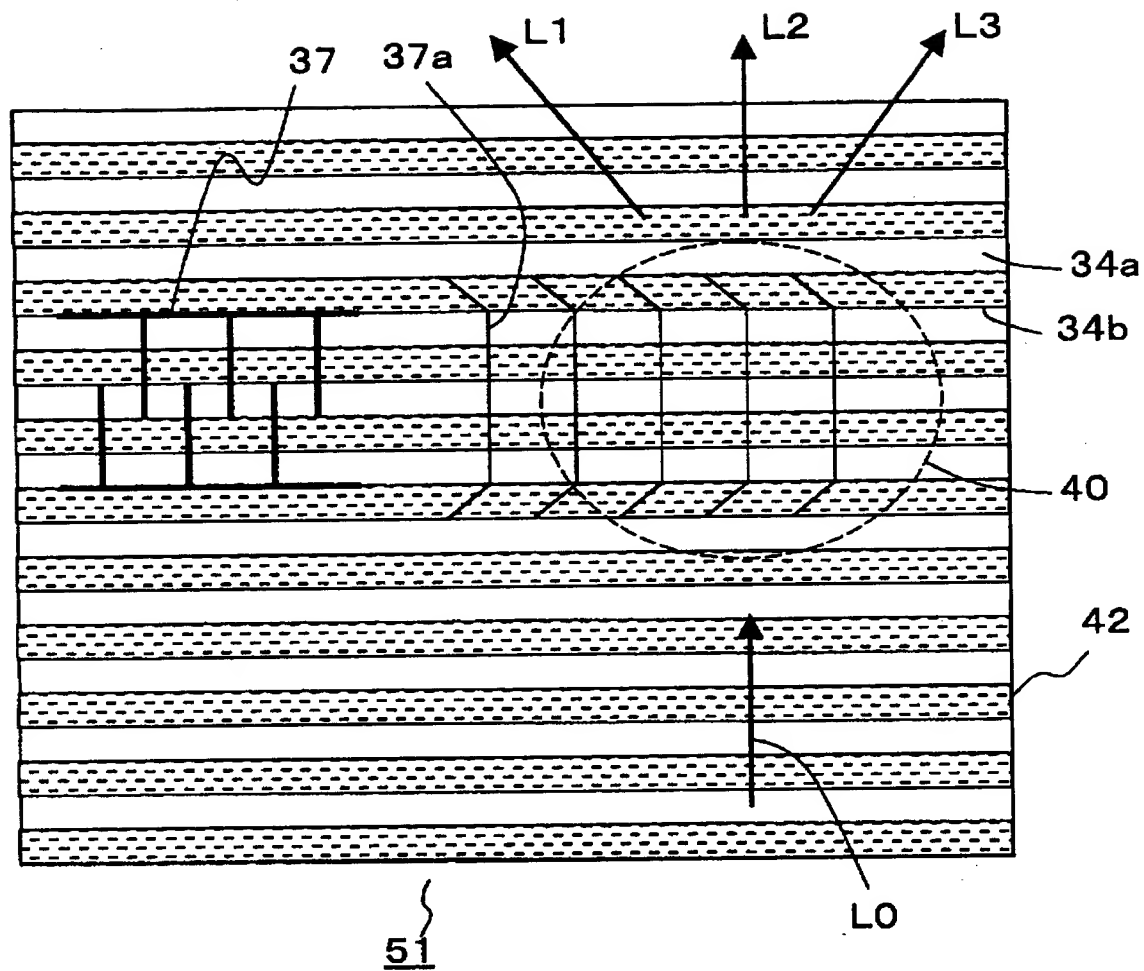
【図 14】



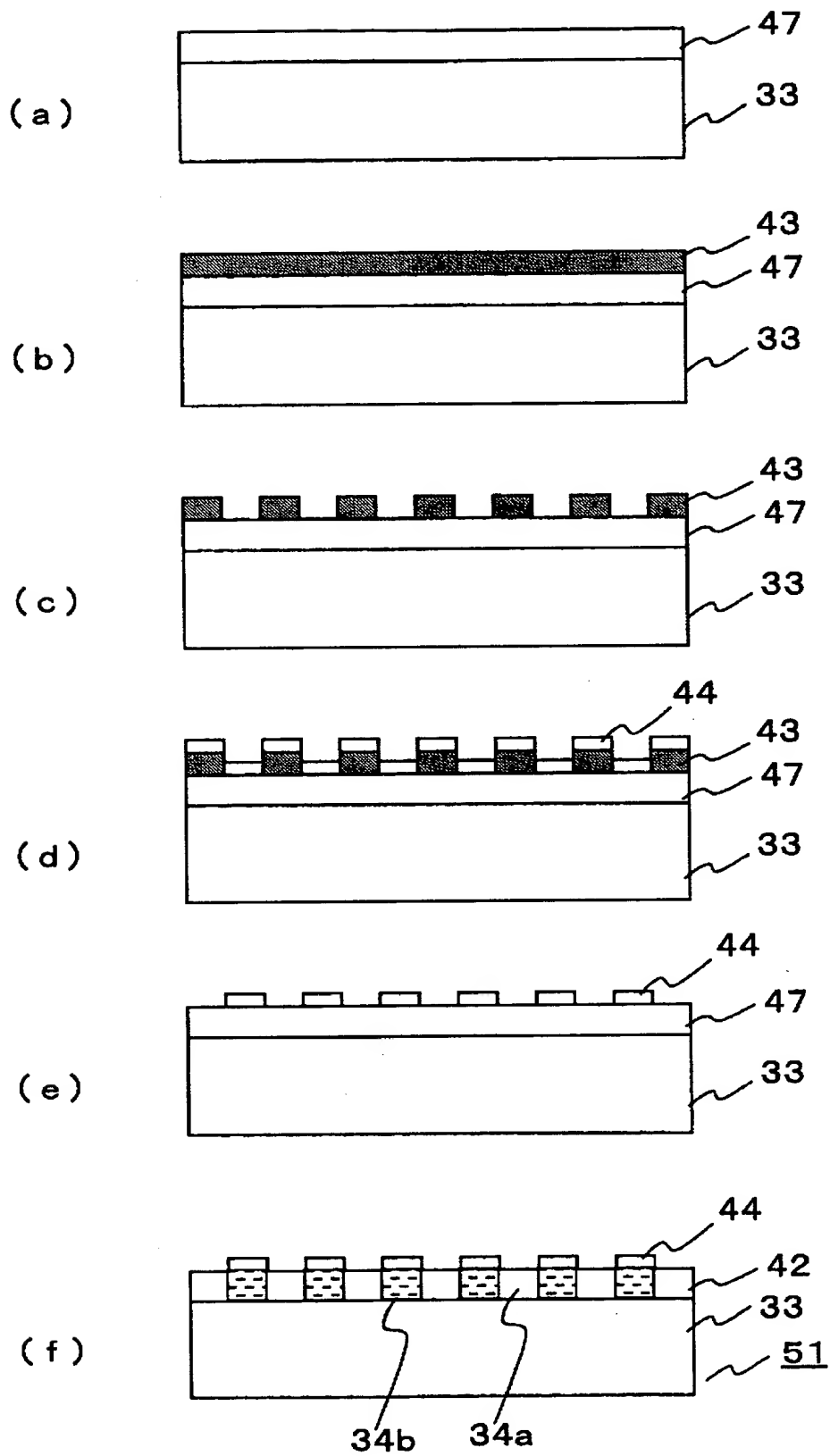
【図 15】



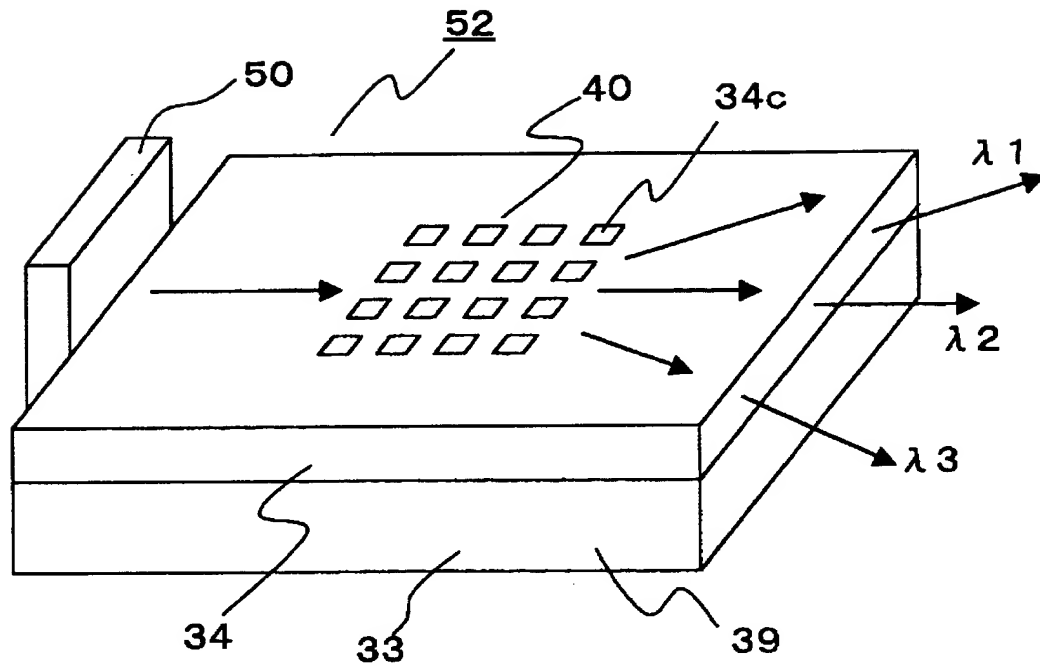
【図 16】



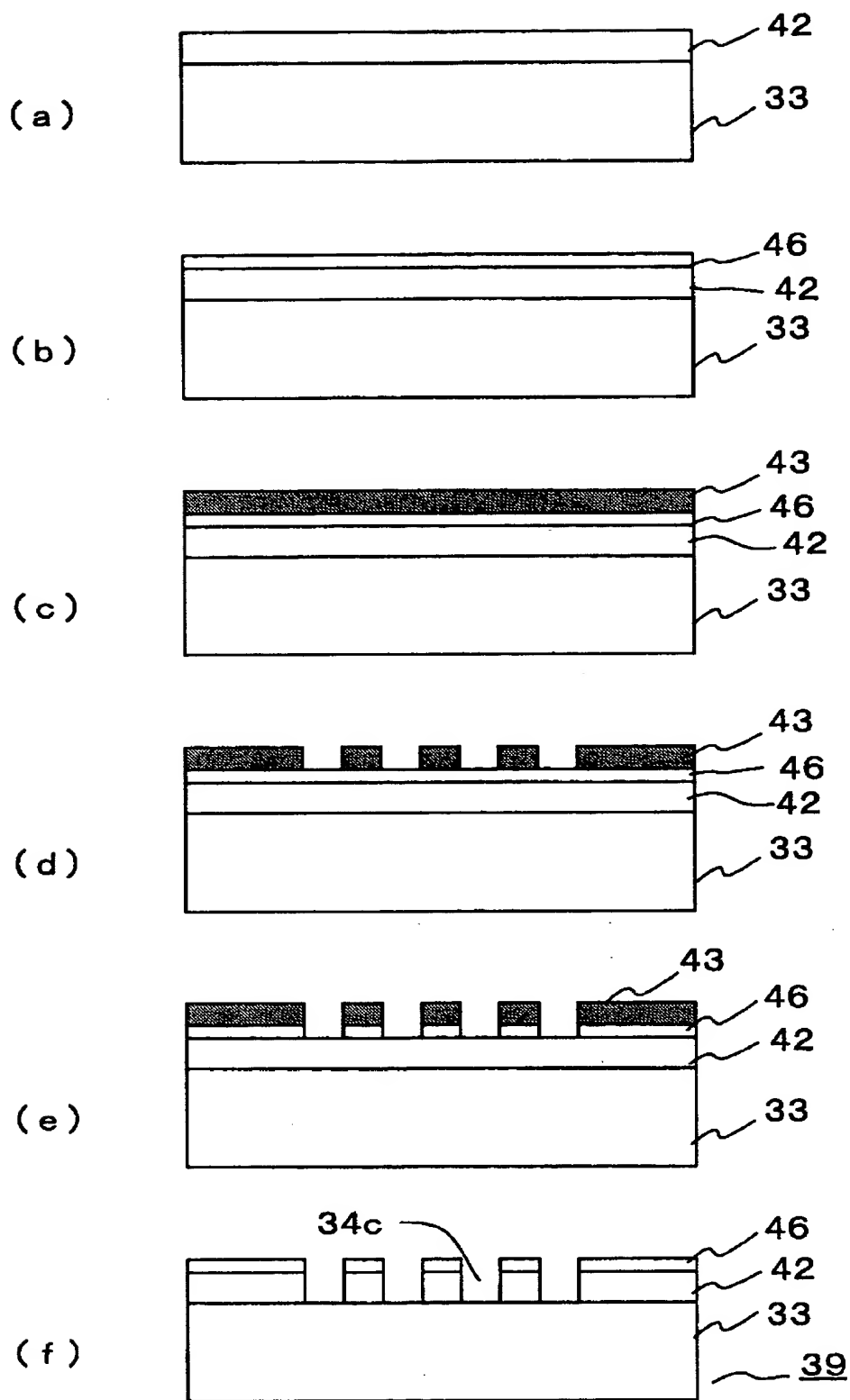
【図 17】



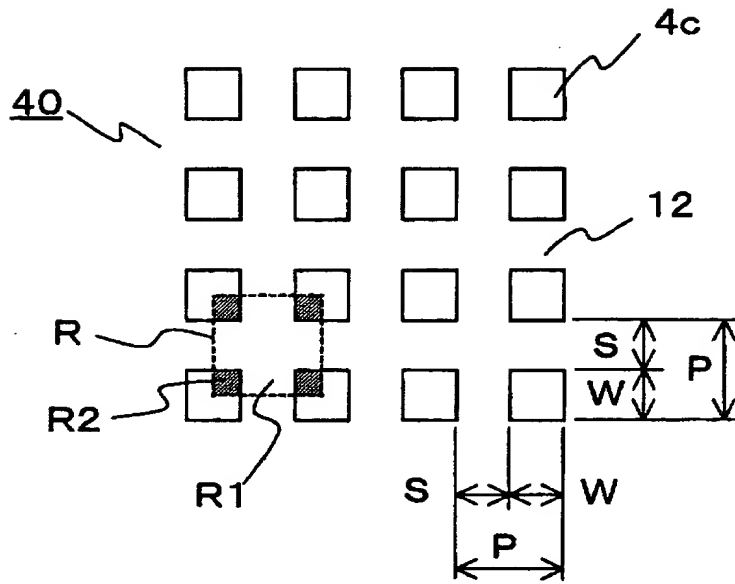
【図 18】



【図 1 9】



【図 2 0】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 低コストで高速に出射光を走査し、走査角を大きくすることのできる光機能素子及び光走査装置を提供する。

【解決手段】 基板 3 上に形成される光導波路 4 に、異なる方向から表面弾性波 7 a、8 a を発生する複数の櫛形電極 7、8 を設け、櫛形電極 7、8 に電圧を印加することによって表面弾性波 7 a、8 a の波長に応じた周期で屈折率が分布する屈折率周期部 1 0 を形成する。そして、印加電圧の周期を可変して表面弾性波 7 a、8 a の波長を連続的に可変することによって屈折率周期部 1 0 から出射される光の出射方向を走査した。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000006079]

1. 変更年月日 1994年 7月20日

[変更理由] 名称変更

住 所 大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪国際ビル
氏 名 ミノルタ株式会社